

6种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌的毒力测定

王立, 惠娜娜, 李继平*

(甘肃省农业科学院植物保护研究所, 甘肃 兰州 730070)

摘要: 为筛选可有效防治马铃薯坏疽病的杀菌剂, 采用生长速率法测定了13种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌的抑菌作用, 并对入选杀菌剂对坏疽病病菌的毒力进行了测定。结果表明, 13种供试杀菌剂中有6种能有效抑制坏疽病病菌, 但这6种杀菌剂毒力差异较大。EC₅₀值由小到大依次为10%苯醚甲环唑ME < 3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS < 40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP < 62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS < 68%精甲霜·锰锌(金雷)WP < 80%代森锰锌(大生M-45)WP, 其中10%苯醚甲环唑ME、3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS、40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP的EC₅₀值均小于1 μg/mL, 说明病原菌对这3种杀菌剂更为敏感。该试验为田间防治马铃薯坏疽病提供了科学依据。

关键词: 马铃薯; 坏疽病; 杀菌剂; 毒力测定

Toxicity of Six Fungicides Against *Phoma foveata*

WANG Li, HUI Nana, LI Jiping*

(Institute of Plant Protection, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Gansu, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The effectiveness of 13 fungicides in inhibiting *Phoma foveata* was tested to screen fungicides which can efficiently control *Phoma foveata* in potato by the mycelium growth rate method and the toxicity of the selected fungicides to the pathogen was studied. The results showed that six out of the 13 fungicides tested could efficiently inhibit *Phoma foveata*. The toxicity of the six selected fungicides to *Phoma foveata* varied greatly. Their EC₅₀ values in ascending order were as follows: 10% difenoconazole < 3% metalaxyl hymexazol < 40% bromothalonil · carbendazim · thiram < 62.5 g/L metalaxyl- m · fludioxonil < 68% metalaxyl- m · mancozeb < 80% mancozeb. EC₅₀ values of 10% difenoconazole, 3% metalaxyl hymexazol and 40% bromothalonil · carbendazim · thiram were all lower than 1 μg/mL, demonstrating that the pathogen were more sensitive to them. This work may provide scientific basis for field control of *Phoma foveata* in potato.

Key Words: potato; gangrene; fungicide; toxicity test

马铃薯是世界第四大粮食作物, 甘肃省第三大粮食作物。目前甘肃省马铃薯种植面积达66.7万hm², 随着种植面积的增加, 马铃薯各种病害也越来越严重, 马铃薯贮藏期病害也逐渐制约着马铃薯产业的发展, 2003年甘肃省马铃薯主产区定西市

马铃薯贮藏期病薯率高达27.59%^[1,2], 2004年定西市马铃薯贮藏期平均病薯率达29.4%^[3]。近年来, 在冷凉地区, 马铃薯贮藏期病害马铃薯干腐病(*Fusarium* spp.)逐渐下降, 而马铃薯坏疽病却在上升, 而且由于种薯分级等造成大量伤口及长时间的贮存坏疽病

收稿日期: 2015-11-23

基金项目: 兰州市科技计划项目(07-1-09); 甘肃省农业科技创新项目(GNCX-2009-1)。

作者简介: 王立(1978-), 女, 助理研究员, 主要从事植物病虫害防控方面研究。

*通信作者(Corresponding author): 李继平, 博士, 研究员, 主要从事植物病虫害综合防治技术研究, E-mail: gsljip@163.com。

发生更严重, 在田间一般发生较轻, 但种植发病较重的种薯也可以引起20%的产量损失及小薯的增加^[4], 给马铃薯种植区造成了严重的经济损失。文朝慧等^[5]对甘肃省马铃薯坏疽病病原菌进行了鉴定, 确认引起马铃薯坏疽病的病原(*Boeremia foveata* (Foister) Aveskamp, Gruyter & Verkley), 这是*Boeremia foveata*(= *Phoma foveata*)^[6]引起马铃薯坏疽病在中国的首次报道。马铃薯坏疽病在甘肃省的定西市渭源县、兰州市榆中县、白银市景泰县、张掖市均有发现^[7]。目前对马铃薯坏疽病的防治研究报告较少, 本研究选取了13种杀菌剂进行了抑菌能力测定, 并从中选取了抑菌效果较好的6种杀菌剂进行了室内毒力测定, 旨在为农业生产防治马铃薯坏疽病提供依据。

1 材料与方 法

1.1 供试菌株

马铃薯坏疽病菌株从甘肃省定西市的病薯上分离得到, 保存于甘肃省农业科学院植物保护研究所经济作物病害研究室。

1.2 供试药剂

供试的13种药剂如表1。

1.3 药剂配制

分别称取一定量的不同药剂, 用无菌水稀释至所需的浓度备用。

1.4 试验方法

1.4.1 13种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌抑菌能力

采用生长速率法^[8]测定。将供试的13种药剂的药液与PDA培养基摇匀后倒入灭菌培养皿中, 以加无菌水的培养基作对照。在无菌条件下, 用Φ=5 mm的打孔器将活化好的供试菌株打成菌饼。然后用移菌钩分别接种在不同药剂培养基和对照培养基的平板中央(菌丝面向下, 紧贴在培养基上面), 每个处理重复3次, 置于22℃的恒温培养箱中培养。7 d后用十字交叉法测量各培养皿内菌落直径, 并计算菌落直径平均值和不同杀菌剂对供试菌株的菌丝生长的抑菌率。

$$\text{抑菌率}(\%) = \frac{\text{对照菌落直径} - \text{处理菌落直径}}{\text{对照菌落直径} - 5(\text{mm})} \times 100$$

根据各杀菌剂的推荐剂量将试验所需含药培养基的剂量设置为:

(1)80%代森锰锌WP: 800倍液、1 200倍液;

(2)70%丙森锌(安泰生)WP: 600倍液、800倍液;

表1 供试药剂名称及生产厂家

Table 1 Fungicide name and manufacturer

药剂名称 Fungicide name	剂型 Reagent type	生产厂家 Manufacturer
80%代森锰锌 80% Mancozeb	WP	山东淄博天力农化发展有限公司
70%丙森锌(安泰生) 70% Propineb	WP	拜耳作物科学公司
68%精甲霜·锰锌(金雷) 68% Metalaxyl-m·mancozeb	WP	瑞士先正达作物保护有限公司
687.5 g/L 氟吡菌胺·霜霉威盐酸盐(银法利) 687.5 g/L Fluopicolide·propamocab hydrochloride	SC	拜耳作物科学公司
10%苯醚甲环唑 10% Difenoconazole	ME	中国农业科学院植物保护研究所
40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息) 40% Bromothalonil·carbendazim·thiram	WP	中国农业科学院植物保护研究所
3%甲霜·噁霉灵(秀苗) 3% Metalaxyl hymexazol	AS	中国农业科学院植物保护研究所
95%噁霉灵 95% Hymexarizonaol	TC	天津市绿亨化工有限公司
10%苯醚甲环唑(天沐) 10% Difenoconazole	ME	中国农业科学院植物保护研究所
20%噁菌铜(龙克菌) 20% Thiodiazole-copper	SC	浙江龙湾化工有限公司
325 g/L 啞菌脂·苯醚甲环唑(阿米妙收) 325 g/L Azoxystrobin·difenoconazole	SC	瑞士先正达作物保护有限公司
62.5 g/L 精甲·咯菌腈(亮盾) 62.5 g/L Metalaxyl-m·fludioxonil	FS	瑞士先正达作物保护有限公司
80%代森锰锌(大生 M-45) 80% Mancozeb M-45	WP	陶氏益农

- (3)68%精甲霜·锰锌(金雷)WP: 600倍液、1 000倍液;
- (4)687.5 g/L氟吡菌胺·霜霉威盐酸盐(银法利)SC: 600倍液、1 200倍液;
- (5)10%苯醚甲环唑 ME: 1 500 倍液、2 500 倍液;
- (6)40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP: 800 倍液、1 200倍液;
- (7)3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS: 500倍液、1 000 倍液;
- (8)95%噁霉灵 TC: 3 000倍液、5 000倍液;
- (9)10%苯醚甲环唑(天沐)ME: 1 000倍液、2 000 倍液;
- (10)20%噻菌铜(龙克菌)SC: 500倍液、1 000 倍液;

- (11)325 g/L啞菌脂·苯醚甲环唑(阿米妙收)SC: 1 500倍液、2 000倍液;
- (12)62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS: 800 倍液、1 000倍液;
- (13)80%代森锰锌(大生 M-45)WP : 600 倍液、800倍液。

1.4.2 杀菌剂筛选及其室内毒力测定

根据1.4.1的结果筛选出马铃薯坏疽病病菌抑菌相对较好的杀菌剂, 采用生长速率法选出的杀菌剂测定不同药剂不同浓度对病原菌的抑制率并计算药剂对病原菌的抑制率、毒力回归方程和EC₅₀值。

根据1.4.1的结果选出对马铃薯坏疽病病菌抑菌相对较好的6种杀菌剂, 并对这6种杀菌剂设置系列浓度梯度(表2)。

表2 含药培养基的系列浓度梯度
Table 2 Series concentration of different fungicides

药剂名称 Fungicide name	培养基的系列浓度(μg/mL) Concentration				
	I	II	III	IV	V
80%代森锰锌(大生 M-45)WP 80% Mancozeb M-45	125.000	62.500	31.250	3.125	1.562
10%苯醚甲环唑 ME 10% Difenconazole	20.000	10.000	5.000	2.500	1.250
62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS 62.5 g/L Metalaxyl-m·fludioxonil	50.000	25.000	12.500	6.250	3.125
3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS 3% Metalaxyl·hymexazol	10.000	5.000	2.500	1.250	0.625
40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP 40% Bromothalonil·carbendazim·thiram	8.000	4.000	1.000	0.500	0.250
68%精甲霜·锰锌(金雷)WP 68% Metalaxyl-m·mancozeb	136.000	68.000	34.000	17.000	8.500

注: I、II、III、IV、V为各供试药剂5个系列浓度梯度。
Note: I, II, III, IV and V are 5 series of concentration gradients for each test.

2 结果与分析

2.1 13种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌抑菌能力

选用13种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌进行抑菌能力测定, 结果如表3所示。68%精甲霜·锰锌(金雷)WP、10%苯醚甲环唑 ME、40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP、3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS、80%代森锰锌(大生 M-45)WP、62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS对坏疽病病菌的抑菌率均达到100%, 抑菌作用明显。

2.2 6种杀菌剂对马铃薯坏疽病病菌的室内毒力测定

6种杀菌剂测定不同药剂不同浓度对病原菌的抑制率结果如表4。对病原菌的抑制率、毒力回归方程和EC₅₀值如表5。

6种杀菌剂测定不同药剂不同浓度对病原菌的抑制率结果(表4)表明, 同种药剂在不同浓度下的抑菌率差异显著, 并且抑菌率随着药剂浓度的增加而显著增加。3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS在药剂浓度为10 μg/mL时抑菌作用最好, 抑菌率为98.82%, 其余依次为40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP在

表3 13种杀菌剂对马铃薯坏疽病菌抑菌能力的测定

Table 3 Determination of inhibition capacity of 13 fungicides to *Phoma foveata* isolates

药剂名称 Fungicide name	含药培养基剂量 Dosage	菌落直径(mm) Colonial diameter	抑菌率(%) Inhibition rate
80%代森锰锌WP 80% Mancozeb	800倍液 1 200倍液	5.30 10.90	99 91
70%丙森锌(安泰生)WP 70% Propineb	600倍液 800倍液	7.13 14.75	97 85
68%精甲霜·锰锌(金雷)WP 68% Metalaxyl-m·mancozeb	600倍液 1 000倍液	5.00 5.00	100 100
687.5 g/L 氟吡菌胺·霜霉威盐酸盐(银法利)SC 687.5 g/L Fluopicolide·propamocab hydrochloride	600倍液 1 200倍液	50.10 71.50	33 1
10%苯醚甲环唑ME 10% Difenoconazole	1 500倍液 2 500倍液	5.00 5.00	100 100
40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP 40% Bromothalonil·carbendazim·thiram	800倍液 1 200倍液	5.00 5.00	100 100
3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS 3% Metalaxyl hymexazol	500倍液 1 000倍液	5.00 5.00	100 100
95%噁霉灵TC 95% Hymexarizonaol	3 000倍液 5 000倍液	12.83 21.30	88 76
10%苯醚甲环唑(天沐)ME 10% Difenoconazole	1 000倍液 2 000倍液	8.10 8.00	95 96
20%噻菌铜(龙克菌)SC 20% Thiodiazole-copper	500倍液 1 000倍液	58.30 60.00	21 18
325 g/L 啞菌脂·苯醚甲环唑(阿米妙收)SC 325 g/L Azoxystrobin·difenoconazole	1 500倍液 2 000倍液	5.50 6.00	99 98
62.5 g/L 精甲·咯菌腈(亮盾)FS 62.5 g/L Metalaxyl-m·fludioxonil	800倍液 1 000倍液	5.00 5.00	100 100
80%代森锰锌(大生 M-45)WP 80% Mancozeb M-45	600倍液 800倍液	5.00 5.00	100 100

药剂浓度为 8 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率为 97.06%，10% 苯醚甲环唑 ME 在药剂浓度为 20 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率为 96.38%，62.5 g/L 精甲·咯菌腈(亮盾)FS 在药剂浓度为 50 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率为 89.34%，80% 代森锰锌(大生 M-45)WP 在药剂浓度为 125 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率为 69.31%，68% 精甲霜·锰锌(金雷)WP 在药剂浓度为 136 $\mu\text{g}/\text{mL}$ 时抑菌率为 68.82%。

6种杀菌剂的毒力回归方程和 EC_{50} 值结果(表5)表明, 不同药剂对马铃薯坏疽病菌的毒力差异也较大。6种杀菌剂对马铃薯坏疽病菌抑制的 EC_{50} 值排列顺序为 80% 代森锰锌(大生 M-45)WP > 68% 精甲霜·锰锌(金雷)WP > 62.5 g/L 精甲·咯菌腈(亮盾)FS > 40% 溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP > 3% 甲霜·噁霉灵(秀苗)AS > 10% 苯醚甲环唑 ME,

表4 6种杀菌剂不同浓度对马铃薯坏疽病菌的抑菌率分析

Table 4 Analysis of inhibition rate of different concentrations of six fungicides to *Phoma foveata* isolates

药剂名称 Fungicide name	不同浓度平均抑菌率(%) Average inhibition rate				
	I	II	III	IV	V
80%代森锰锌(大生 M-45)WP 80% Mancozeb M-45	69.31 aA	58.22 bB	46.01 cC	30.43 dD	4.81 eE
10%苯醚甲环唑 ME 10% Difenoconazole	96.38 aA	86.99 bB	81.52 cBC	80.05 cC	78.08 cC
62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS 62.5 g/L Metalaxyl-m·fludioxonil	89.34 aA	52.40 bB	19.57 cC	14.43 dD	3.26 eE
3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS 3% Metalaxyl hymexazol	98.82 aA	87.65 bB	82.13 cC	77.32 dD	65.07 eE
40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP 40% Bromothalonil·carbendazim·thiram	97.06 aA	91.76 bB	89.38 cBC	57.88 cC	33.33 cC
68%精甲霜·锰锌(金雷)WP 68% Metalaxyl-m·mancozeb	68.82 aA	63.82 bB	62.88 cC	55.67 dD	16.33 eE

注: 平均抑菌率为抑菌率3次重复的平均值。同行小写字母表示0.05显著水平, 大写字母表示0.01显著水平。采用Duncan新复极差多重比较法。

Note: Average inhibition rate is an average of inhibition rate over three replications. Small letters in the row indicate 0.05 significance level. Capital indicate 0.01 significance level. Means were separated using Duncan's multiple range test.

表5 6种杀菌剂对马铃薯坏疽病菌的毒力测定

Table 5 Toxicity determination of six fungicides to *Phoma foveata* isolates

药剂名称 Fungicide name	回归方程 Regression equation	EC ₅₀ (μg/mL)	EC ₉₅ (μg/mL)	相关系数 Correlation efficient
80%代森锰锌(大生 M-45)WP 80% Mancozeb M-45	$y = 0.81x + 3.76$	33.54	1 266.77	0.96*
10%苯醚甲环唑 ME 10% Difenoconazole	$y = 0.56x + 5.65$	0.07	13.27	0.89*
62.5 g/L精甲·咯菌腈(亮盾)FS 62.5 g/L Metalaxyl-m·fludioxonil	$y = 2.93x + 1.04$	22.47	61.48	0.99*
3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS 3% Metalaxyl hymexazol	$y = 1.01x + 5.60$	0.26	4.75	0.97*
40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP 40% Bromothalonil·carbendazim·thiram	$y = 2.54x + 6.05$	0.38	0.23	0.98*
68%精甲霜·锰锌(金雷)WP 68% Metalaxyl-m·mancozeb	$y = 1.00x + 3.58$	26.15	499.94	0.84*

注: *表示为相关系数在0.05水平。

Note: * means correlation efficient significant at 0.05 level of probability.

其中10%苯醚甲环唑 ME、3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS、40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP毒力较高, EC₅₀值均小于1 μg/mL, 10%苯醚甲环唑 ME的EC₅₀值最小, 为0.07 μg/mL, 毒性最大, 其次为3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS, EC₅₀值为0.26 μg/mL, 80%代森锰锌(大生 M-45)WP的EC₅₀值最大, 为33.54 μg/mL, 毒性最小。

3 讨论

马铃薯坏疽病菌属半知菌亚门, 腔孢纲, 球壳孢目, 茎点霉属。该菌是多主寄生真菌, 且无寄主专化现象^[9]。马铃薯坏疽病是马铃薯贮藏期重要

病害之一^[9], 在贮藏期对马铃薯种薯危害严重, 造成良种严重损失, 给优良种薯的供给带来了很大影响^[10]。近年来, 许多专家对马铃薯坏疽病进行了病原鉴定, 也在其综合防治方面进行了药剂的筛选, 其中姜红霞等^[3]研究结果表明, 30%丙环唑·苯醚甲环唑、35%多菌灵磺酸盐、5%菌毒清、10%苯醚甲环唑、32.5%苯醚甲环唑·啞菌酯等对马铃薯坏疽病菌抑菌能力较强。雷玉明等^[11]认为在马铃薯坏疽病综合防治中10%苯醚甲环唑、30%丙环唑·苯醚甲环唑等均有好的效果。本试验选用的6种杀菌剂对马铃薯坏疽病菌的室内毒力测定结果表明, 对马铃薯坏疽病的防治推荐使用浓度为20 μg/mL的

10%苯醚甲环唑 ME, 浓度为 10 μg/mL 的 3%甲霜·噁霉灵(秀苗)AS, 浓度为 8 μg/mL 的 40%溴菌腈·多菌灵·福美双(炭息)WP, 可以轮换使用 3 种药剂, 以延缓用药的抗药性。由于本试验只是在室内的毒力测定, 大田和贮藏期对马铃薯坏疽病的防治还需要进一步的研究。

[参 考 文 献]

[1] 王一航. 甘肃省马铃薯产业发展的优势及必须重视解决的几个问题 [J]. 甘肃农业科技, 2002(4): 3-6.

[2] 何苏琴, 金秀琳, 魏周全, 等. 甘肃省定西地区马铃薯块茎干腐病病原真菌的分离鉴定 [J]. 云南农业大学学报, 2004, 19(5): 550-552.

[3] 姜红霞, 杨成德, 薛莉, 等. 甘肃省马铃薯坏疽病鉴定及其病原生物学特性研究 [J]. 草业学报, 2013, 22(2): 123-131.

[4] EPPO. *Phoma exigua* var. *foveata* data sheets on quarantine pests. Prepared by CABI and EPPO for the European Union [M].

Cambridge: Quarantine pests for Europe University Press, 1997: 865-871.

[5] 文朝慧, 何苏琴, 荆卓琼. 甘肃省马铃薯坏疽病原鉴定 [J]. 植物保护, 2012, 38(5): 40-45.

[6] Foister C E. Descriptions of new fungi causing economic diseases in Scotland [J]. Transactions and Proceedings of the Botanical Society of Edinburgh, 1940, 33(1): 65-68.

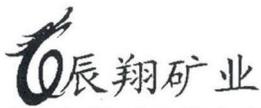
[7] 惠娜娜, 李继平, 李建军, 等. 粮食安全与植保科技创新 [M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2009.

[8] 方中达. 植物研究方法 [M]. 3 版. 北京: 中国农业出版社, 1998.

[9] Langerfeld E. *Phoma exigua* var. *foveata*, cause of a tuber rot of potatoes [J]. Gesunde Pflanzen, 1980, 32(4): 92-95.

[10] 畅涛, 王涵琦, 杨成德, 等. 马铃薯坏疽病 *Phoma foveata* 生防菌的筛选及鉴定 [J]. 中国生物防治学报, 2014, 30(2): 247-252.

[11] 雷玉明, 郑天翔, 张建朝, 等. 马铃薯坏疽病的诊断与综合防治 [J]. 中国蔬菜, 2016(7): 89-91.



辰翔矿业有限公司

专业生产马铃薯育种——膨胀蛭石

河北灵寿县辰翔矿业有限公司位于河北省石家庄市灵寿县, 是一家专业生产蛭石片、膨胀蛭石、珍珠岩的企业, 已有 30 多年的发展历史。辰翔公司根据马铃薯育种特点, 研发了育种专用膨胀蛭石。本公司生产的马铃薯专用膨胀蛭石性价比高, 已在国内十几家马铃薯育种公司应用, 并得到一致好评。本公司蛭石产品型号齐全, 也可根据客户需求订制生产。

如果您对我们的产品感兴趣, 欢迎致电联系, 索要资料、样品。

联系人: 薛刚 15613123526、15833992815

地 址: 河北省石家庄市灵寿县燕川工业区

电 话: 0311-82616100(传真)